

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-38486

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 33/16	A	7227-5H		
41/02	A	7346-5H		
41/03	A	7346-5H		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-213267

(22)出願日 平成4年(1992)7月20日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋一丁目13番1号

(72)発明者 斉藤 重男

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケイ株式会社内

(72)発明者 平林 康之

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケイ株式会社内

(72)発明者 大山 貴俊

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケイ株式会社内

(74)代理人 弁理士 村井 隆

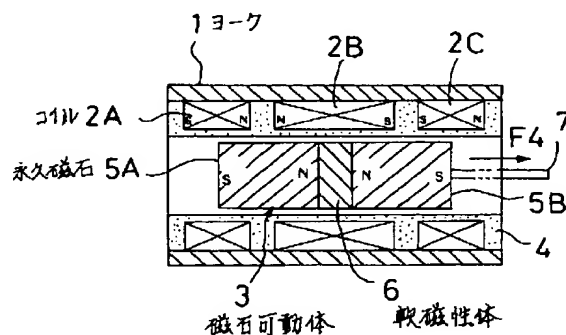
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 可動磁石式アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】 少なくとも2個の永久磁石を同極対向配置とした磁石可動体を用いるとともに永久磁石の磁極が発生する磁束を有効利用することで、推力の向上及び効率の向上を図った可動磁石式アクチュエータを得る。

【構成】 同極対向された少なくとも2個の永久磁石5A、5B間に磁性体6を設けて磁石可動体3を構成し、少なくとも3連のコイル2A、2B、2Cの内側に磁石可動体3を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルを、各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に磁性体を設けて磁石可動体を構成し、少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルを、各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線したことを特徴とする可動磁石式アクチュエータ。

【請求項2】 前記コイル外周側に磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成した請求項1記載の可動磁石式アクチュエータ。

【請求項3】 前記磁石可動体がガイド体で移動自在に案内され、該ガイド体の少なくとも一端に前記磁石可動体が吸着する磁性吸着体を設けた請求項1記載の可動磁石式アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、制御機器、電子機器、工作機械等において電気エネルギーを電磁作用により往復運動エネルギー等に変換させる可動磁石式アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、可動磁石式の往復運動装置としては、図6の第1従来例の構造を持つもの、及び図7の第2従来例の構造を持つものがある。

【0003】図6の第1従来例において、10は軸方向に着磁した棒状の永久磁石からなる磁石可動体であり、両端面に磁極を有している。コイル11A、11Bは、磁石可動体10の端部外周側をそれぞれ環状に周回するように巻回され、隣合う部分に同極が発生するようになっている。なお、図示は省略してあるが、コイル11A、11Bは通常磁石可動体10を軸方向に移動自在にガイドするためのガイド筒体に装着される。そして、磁石可動体10の各端面からの磁束がそれぞれコイル11A、11Bと鎖交している。

【0004】図7の第2従来例において、磁石可動体15は同極対向配置の2個の棒状永久磁石16A、16Bと、これらの永久磁石16A、16B間に固着される棒状軟磁性体17とを固着一体化したものであり、コイル18は磁石可動体15の中間部外周側をそれぞれ環状に周回するように巻回されている。なお、図示は省略してあるが、コイル18は通常磁石可動体15を軸方向に移動自在にガイドするためのガイド筒体に装着される。そして、磁石可動体15の同極対向した永久磁石端面からの磁束がコイル18と鎖交している。

【0005】ところで、第1従来例及び第2従来例において、磁石可動体10、15に発生する推力は、基本的にはフレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力に準ずるものである（フレミングの左手の法則はコイルに対して適用されるが、ここではコイルが固定のため、

磁石可動体にコイルに作用する力の反力としての推力が発生する。）。したがって、推力に寄与するのは、磁石可動体が有する永久磁石の磁束の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）である。

【0006】そこで、1個の永久磁石の場合、あるいは2個の同極対向配置の永久磁石の場合について、磁束の垂直成分がどのようになるのかそれぞれ解析してみた。

【0007】図8は、単独の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ6mmで、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0008】図9は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、かつ直接接合した場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ3mm（2個で6mm）で、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0009】図10は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、かつ対向間隔を1mmとした場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ3mmで、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0010】図11は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、かつ対向間隔を2mmとした場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ3mmで、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0011】図12は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、かつ対向間隔を3mmとした場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ3mmで、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0012】図13は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、両永久磁石間に長さ1mmの軟磁性体を配置した場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径2.5mm、長さ3mmで、永久磁石表面から0.25～0.45mm離れた位置を計測した。

【0013】図14は、2個の永久磁石を同極対向配置とし、両永久磁石間に長さ1mmの軟磁性体を配置し、さらに2個の永久磁石の外周に対向させて軟磁性体ヨークを配設した場合において、2個の永久磁石の長手側面に沿って表面磁束密度の垂直成分を磁場解析した結果を示す。但し、各永久磁石は希土類永久磁石であって、直径

2.5mm、長さ3mmで、ヨークは永久磁石を取り囲む円筒形状で厚み0.5mm、長さ10mmで永久磁石外周から1.25mm離間した位置となっており、表面磁束密度の垂直成分は永久磁石表面から0.25~0.45mm離れた位置を計測した。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、磁石可動体に発生する推力は、基本的にはフレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力に準ずるものであり、コイルと鎖交する永久磁石の磁束の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が多いことが望まれるが、図6の第1従来例では、表面磁束密度の垂直成分は図8のようになり、図9乃至図14の2個の永久磁石を同極対向配置とした場合に比較して垂直成分が少ないことが判明した。このため図6の第1従来例の構成では、推力の向上に限界がある。例えば、磁石可動体10を直径2.5mm、長さ6mmの希土類永久磁石で構成し、2個のコイル11A、11Bの隣合う部分に同極が発生するように各コイル11A、11Bに40mAの電流を流したときに発生する推力F1は4.7(qf)であった。

【0015】一方、図7の第2従来例では、2個の同極対向の永久磁石間に軟磁性体を配した磁石可動体15を用いており、磁束密度の垂直成分は図13に示す如くなり、同極対向の永久磁石16A、16Bの磁極から出る磁束は1個の永久磁石の場合（図8参照）や2個の永久磁石のみの場合（図9乃至図12参照）よりも多くなるが、コイルが磁石可動体15の中間部を囲む1個のみであり、磁石可動体15の両端面の磁極による磁束は有効に利用していない嫌いがある。このため、図7の第2従来例の場合も推力の向上が難しかった。例えば、図7の第2従来例において磁石可動体15として直径2.5mm、長さ3mmの希土類永久磁石を2個用い（希土類永久磁石の性能は第1従来例と同じとする）、かつ両者間に長さ1mmの軟磁性体を配置したものを用い、図6の第1従来例と同じ消費電力となるように作成したコイル18に40mAの電流を流し、第1従来例と同じ消費電力としたときに発生する推力F2は5.6(qf)であった。

【0016】本発明は、上記の点に鑑み、少なくとも2個の永久磁石を同極対向配置とした磁石可動体を用いるとともに永久磁石の磁極が発生する磁束を有効利用することで、推力の向上及び効率の向上を図った可動磁石式アクチュエータを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の可動磁石式アクチュエータは、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に磁性体を設けて磁石可動体を構成し、少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルを、各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成としている。

【0018】また、前記コイル外周側に磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成してもよい。

【0019】さらに、前記磁石可動体をガイド体で移動自在に案内し、該ガイド体の少なくとも一端に前記磁石可動体が吸着する磁性吸着体を設ける構成としてもよい。

【0020】

【作用】本発明の可動磁石式アクチュエータの動作原理を図4の概略構成図によって説明する。この図4で、磁石可動体3は同極対向配置の2個の円柱状永久磁石5A、5Bと、これらの永久磁石5A、5B間に固着される円柱状軟磁性体6とを一体化したものであり、図13に示したように、磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が多い構造となっている。3連のコイル2A、2B、2Cは、磁石可動体3の外周側を周回する如く巻回され、磁石可動体3を構成する永久磁石5Aの左端、永久磁石5A、5Bの同極対向端、及び永久磁石5Bの右端の磁極からの磁束とそれぞれ鎖交するように配置されている。これらのコイル2A、2B、2Cは永久磁石5A、5Bの磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている（磁極間の境は磁極と磁極の間であれば必ずしも磁極中間位置になくともよい。）。なお、図示は省略してあるが、コイル2A、2B、2Cは通常磁石可動体3を軸方向に移動自在にガイドするためのガイド筒体に装着される。コイル2A、2B、2Cと磁石可動体3との位置関係は、当該磁石可動体3の全ての可動位置において、永久磁石磁極間を境にして各コイルに流れる電流が相互に逆向きとなるように設定しておく。

【0021】図4における磁石可動体3の構造は、図13のように2個の永久磁石を同極対向させかつ永久磁石間に軟磁性体を配置したものである。この図13のときは軟磁性体位置に相当する領域Qの表面磁束密度の垂直成分は、軟磁性体の無い図9乃至図12よりも優れている（磁束密度0.3T以上のピークの幅が広くかつピークが高い。）。

【0022】このように、2個の永久磁石5A、5Bを同極対向させかつ永久磁石間に軟磁性体6を設けた磁石可動体3は、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体3の長手方向に垂直な磁束成分を大きくでき、かつ3連のコイル2A、2B、2Cは永久磁石の全磁極の磁束と有効に鎖交するので、3連のコイル2A、2B、2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、従来例では到達し得ない大きな推力を発生することができる。各コイルの電流を反転させれば磁石可動体3の推力の向きも反転する。交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すバイブレータとして働く。

【0023】本発明に係る図4の場合、例えば、磁石可

動体3として直径2.5mm、長さ3mmの希土類永久磁石を2個用い（希土類永久磁石の性能は第1従来例と同じとする）、かつ両者間に長さ1mmの軟磁性体を配置したものを用い、図6、図7の第1、第2従来例と同じ消費電力となるように作成した3連のコイル2A、2B、2Cに40mAの電流を流し、同じ消費電力としたときに発生する推力F3は6.7(qf)であった。これは、同一消費電力の第1従来例の場合の約1.42倍の推力であり、また第2従来例の約1.2倍の推力であり、第1及び第2従来例に比較して格段に優れていることが判る。

【0024】図5の曲線(イ)は図4(ヨーク無し)の場合の磁石可動体3の軸方向変位量と推力(qf)との関係を示す。但し、永久磁石の寸法、特性は図13に示したものとするとともに、磁石可動体3の中間点が中央のコイル2Bの中間点に位置するときを変位量零とし、各コイルの電流は40mAとした。

【0025】このように、本発明の可動磁石式アクチュエータは、同極対向の永久磁石の組み合わせ構造体で磁石可動体を構成しており、永久磁石の着磁方向(軸方向)に垂直な磁束密度成分を充分大きくできかつ永久磁石の全ての磁極の発生する磁束を有効利用できるもので、磁石可動体を取り巻くように周回した少なくとも3連のコイルに流れる電流との間のフレミングの左手の法則に基づく推力を充分大きくでき、小型、小電流で大きな推力を得ることができる。

【0026】

【実施例】以下、本発明に係る可動磁石式アクチュエータの実施例を図面に従って説明する。

【0027】図1及び図2は本発明の第1実施例を示す。これらの図において、1は軟磁性体の円筒状ヨークであり、該円筒状ヨーク1の内側に3連のコイル2A、2B、2Cが配置され、磁石可動体3を摺動自在に案内するためのガイド筒体4を構成する絶縁樹脂等の絶縁部材で円筒状ヨーク1に固着されている。磁石可動体3は、同極対向配置の2個の円柱状希土類永久磁石5A、5Bと、これらの永久磁石5A、5B間に固着される円柱状軟磁性体6とからなり、それらの永久磁石5A、5B及び軟磁性体6は接着剤等で相互に一体化されている。前記3連のコイル2A、2B、2Cは永久磁石5A、5Bの磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている。すなわち、中央のコイル2Bは軟磁性体6及び永久磁石5A、5BのN極を含む端部を囲み、両側のコイル2A、2Cは、永久磁石5A、5BのS極を含む端部をそれぞれ囲むことができるようになっており、かつ中央のコイル2Bに流れる電流の向きと、両側のコイル2A、2Cの電流の向きとは逆向きである(図1の各コイルに付したN、Sを参照)。なお、永久磁石5A、5Bの外側端面には必要に応じて推力を外部に伝達するためのピン7等が図1の仮想線の如く設

けられる。ポケットベル用等のバイブレータとして用いる場合、ピン7は不要である。

【0028】この第1実施例では、各コイル2A、2B、2Cの外周側に軟磁性体の円筒状ヨーク1が設けられているため、磁石可動体3の表面磁束密度の垂直成分は、図14に示す如く、さらに増大する。このため、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体3の長手方向に垂直な磁束成分を大きくでき、磁石可動体3の周囲を環状に巻回する3連のコイル2A、2B、2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通电することにより、いっそう大きな推力を発生することができる。例えば、磁石可動体3として直径2.5mm、長さ3mmの希土類永久磁石を2個用い（希土類永久磁石の性能は第1従来例と同じとする）、かつ両者間に長さ1mmの軟磁性体を配置したものを用い、図6、図7の第1、第2従来例と同じ消費電力となるように作成した3連のコイル2A、2B、2Cに40mAの電流を流し、同じ消費電力としたときに発生する推力F4は8.0(qf)であった。推力F4の向きは、図1の極性では、磁石可動体3が右方向に移動する向きであり、各コイルの電流を反転させれば磁石可動体3の推力の向きも反転する。交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すバイブレータとして働く。

【0029】図5の曲線(ロ)は第1実施例(但し、永久磁石及びヨークの寸法、配置及び永久磁石の特性は図14の通り)の場合の磁石可動体3の軸方向変位量と推力(qf)との関係であって変位量零の点から離れる方向に磁石可動体が動作するときを示す。また、曲線(ハ)は第1実施例(ヨーク有り)の場合の磁石可動体3の軸方向変位量と推力(qf)との関係であって変位量零の点に近づく方向に動作するときを示す。但し、磁石可動体3の中間点が中央のコイル2Bの中間点に位置するときを変位量零とし、各コイルの電流は40mAとした。このように、磁石可動体3が変位量零の点に近づくか又は離れるかによって推力が相違するのは、磁石可動体3の永久磁石の磁極とヨーク1との間に磁石可動体3を変位量零点に戻す磁気吸引力が働いているからである。

【0030】図3は本発明の第2実施例を示す。この場合、軟磁性体の円筒状ヨーク1及びガイド筒体4の両端部に軟磁性の吸着板8A、8Bが嵌合、固着されている。そして、一方の吸着板8Aにけられた穴から永久磁石5Aの外側端面に固着されたピン9が突出している。その他の構造は前述の第1実施例と同様である。

【0031】この第2実施例の場合、各コイル2A、2B、2Cに通電していない状態では軟磁性の吸着板8A、8Bのいずれかに吸着されている。いま、図示の状態に磁石可動体3があるとき、各コイル2A、2B、2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに通电して矢印R方向の推力を発生させれば、磁石可動体3は吸着板8Aから離脱して矢印R方向に移動し、吸着板8Bに吸着

7

して停止する。また、各コイル2A、2B、2Cの電流を反転させて矢印Rの反対向きの推力を発生させれば、磁石可動体3は吸着板8Bから離脱して吸着板8A方向に移動しこれに吸着して停止する。このように吸着板8A、8Bを設けたことで磁石可動体3の移動範囲を正確に規制することができる。

【0032】なお、上記各実施例では、2個の同極対向の永久磁石と両永久磁石間の軟磁性体で磁石可動体3を構成したが、3個以上の同極対向の永久磁石と両永久磁石間の軟磁性体で磁石可動体を構成してもよく、これに

【0033】また、第2実施例では円筒状ヨーク1及びガイド筒体4の両側に軟磁性吸着板8A、8Bを設けたが、いずれか一方のみに吸着板を設ける構造を採用してもよい。

【0034】さらに、各実施例において、円筒状のヨーク1及びガイド筒体4を用いたが、角筒状等のヨーク及びガイド体を採用することもでき、この場合も各コイルは磁石可動体の外周を周回するように巻回すればよい。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の可動磁石式アクチュエータによれば、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に磁性体を設けて磁石可動体を構成したので、磁石可動体の長手方向（永久磁石の着磁方向）に垂直な磁束成分を充分大きくでき、かつ磁石可動体の周囲を取り巻くように少なくとも3連のコイルを巻回して磁石可動体の各磁極が発生する磁束と有効に鎖交可能としたので、前記垂直な磁束成分と各コイルに流れる電流との間のフレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力を充分大きくできる。このため、小型、小電流で

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る可動磁石式アクチュエータの第1実施例を示す正断面図である。

【図2】同側面図である。

【図3】本発明の第2実施例を示す正断面図である。 *

8

*【図4】本発明の基本構成を示す概略構成図である。

【図5】図1及び図4の可動磁石式アクチュエータにおける磁石可動体の変位置と推力との関係を示すグラフである。

【図6】第1従来例を示す概略構成図である。

【図7】第2従来例を示す概略構成図である。

【図8】単一の永久磁石の長手側面（永久磁石の着磁方向に平行な面）の表面磁束密度の垂直成分（長手側面に垂直な成分）を示すグラフである。

10 【図9】2個の同極対向の永久磁石を直接的に対接状態とした場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

【図10】2個の永久磁石を1mmのエアーギャップを介し同極対向状態とした場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

【図11】2個の永久磁石を2mmのエアーギャップを介し同極対向状態とした場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

20 【図12】2個の永久磁石を3mmのエアーギャップを介し同極対向状態とした場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

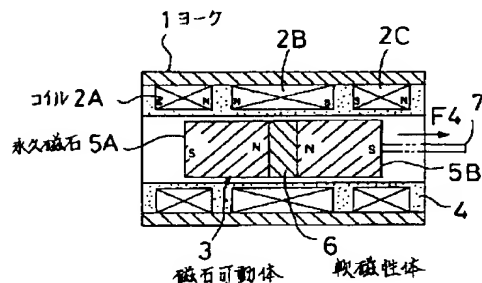
【図13】2個の永久磁石を軟磁性体を介し同極対向状態とした場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

【図14】2個の永久磁石を軟磁性体を介し同極対向状態とし、かつ軟磁性体ヨークを配置した場合の長手側面の表面磁束密度の垂直成分を示すグラフである。

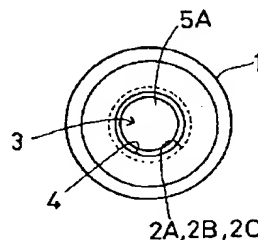
【符号の説明】

- 1 円筒状ヨーク
- 2A、2B、2C コイル
- 3 磁石可動体
- 4 ガイド筒体
- 5 円柱状永久磁石
- 6 円柱状軟磁性体
- 7、9 ピン
- 8A、8B 吸着板

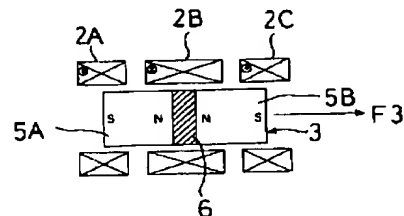
【図1】



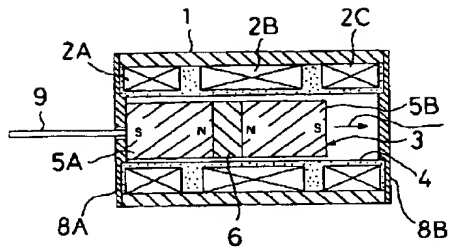
【図2】



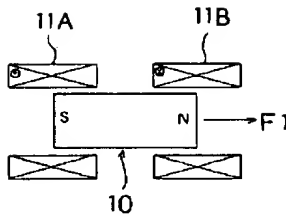
【図4】



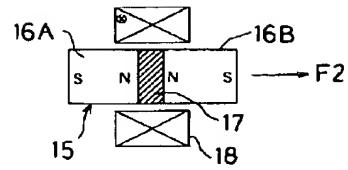
【図3】



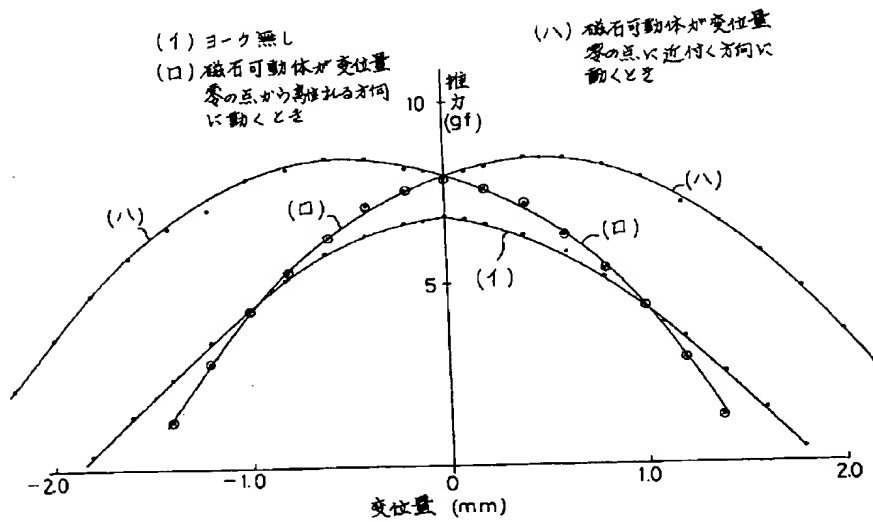
【図6】



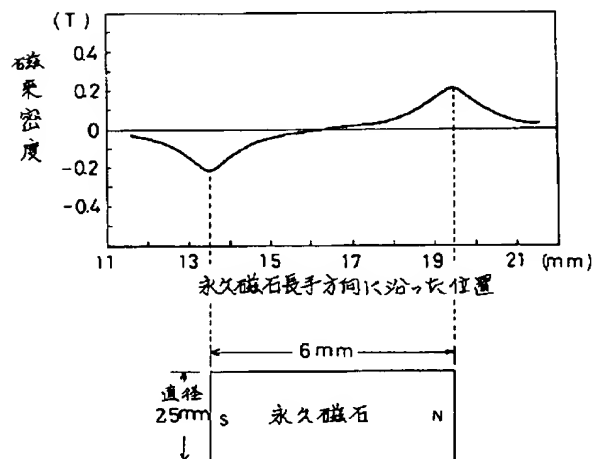
【図7】



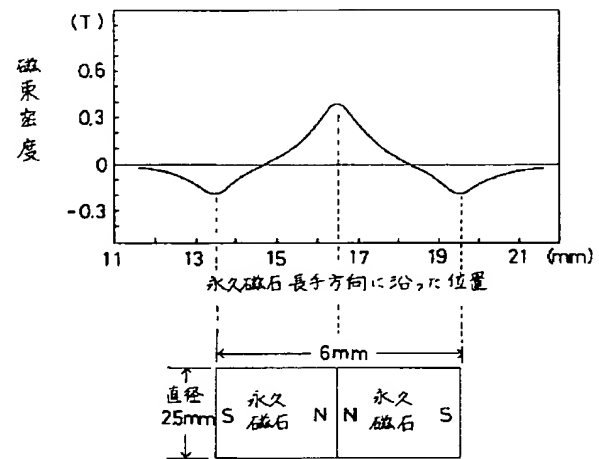
【図5】



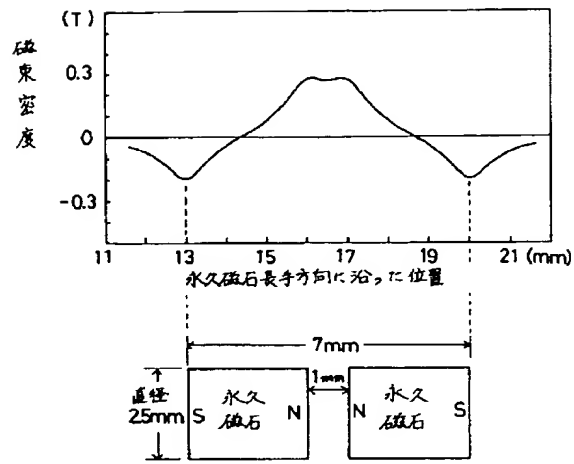
【図8】



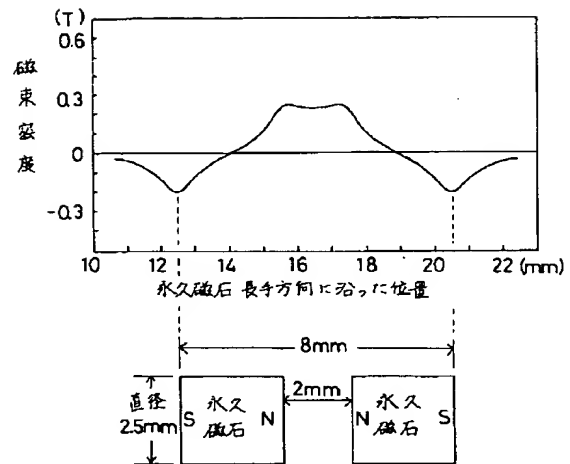
【図9】



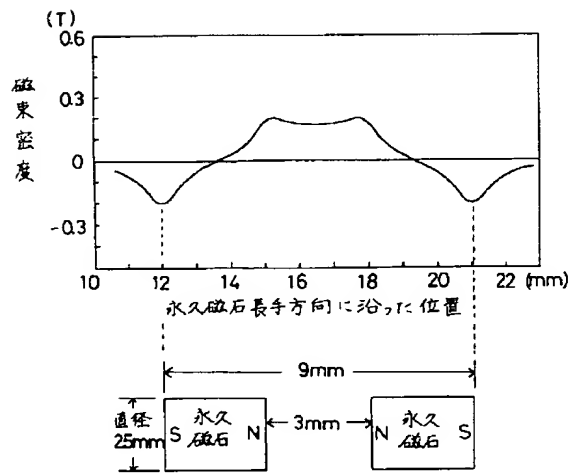
【図10】



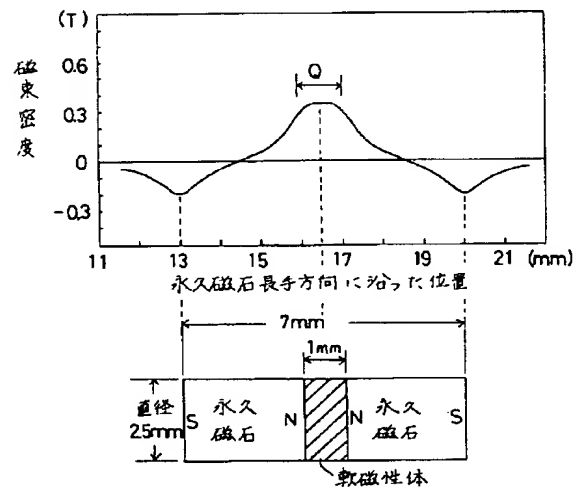
【図11】



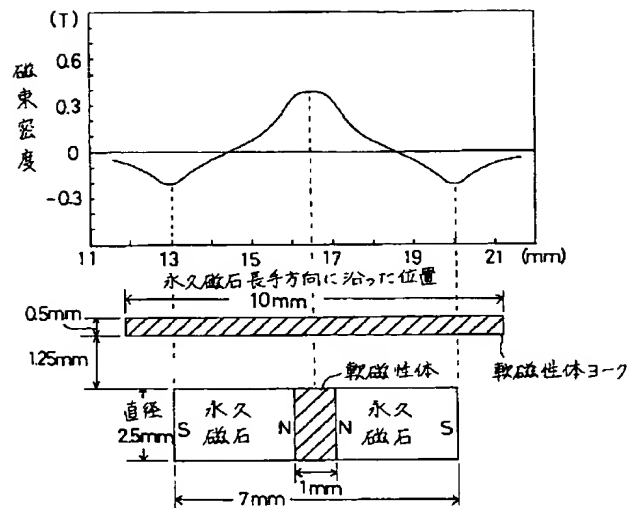
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 宗野 尋之
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ディー
ディーケイ株式会社内